ANALYSE CRITIQUE DE LA SÉRIE TCHERNOBYL : SYNDROME D'IRRADIATION AIGUE

Cynthia Pelletier, R4 médecine nucléaire

Supervisée par Dr Marc Bertaux, nucléiste

Département des sciences de l'imagerie médicale et des radiations

UDS Université de Sherbrooke

PLAN DE LA PRÉSENTATION

Introduction: minisérie Tchernobyl HBO

Accident nucléaire de Tokaimura

Syndrome d'irradiation aiguë (Acute radiation syndrome- ARS):

- Brûlures radiques
- Prodrome
- Phase de latence
- Syndrome hématopoïétique
- Syndrome d'atteinte multiorgane

Iode froid et protection thyroïdienne

Conclusion



ACCIDENT TCHERNOBYL ET MINI SÉRIE HBO

26 avril 1986, Centrale nucléaire de Tchenobyl

Plusieurs versions mais la plus répandue étant un test de sécurité ayant mal tourné

Explosion de l'enceinte de béton et fusion du coeur du réacteur

2 personnes meurent au moment de l'explosion

Pompiers de Prypiat appelés, intervention sans équipement

Mini série de HBO, 5 épisodes d'environ 50 minutes sur les événements → 19e meilleure série du 21e par NYT

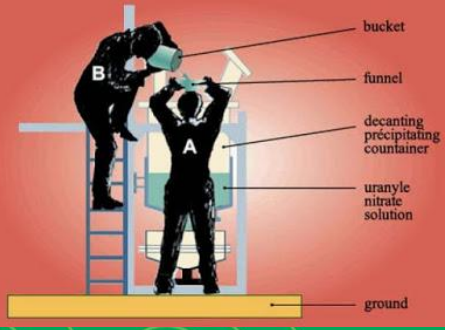
Département des sciences de l'imagerie médicale et des radiations

UDS Université de Sherbrooke

RÉPERCUSSIONS SUR LA SANTÉ

Selon l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) :

- 30 morts dans les jours/semaines suivants (pompiers/ pilotes/premiers répondants)
- 5 millions de personnes exposées à des faibles doses de radiation
- 4000 cancers imputables à la catastrophe
- 600 000 liquidateurs mais aucun nombre précis de décès par cancer



ACCIDENT NUCLÉAIRE DE TOKAIMURA

30 septembre 1999, Tokaimura à 112 km de Tokyo

Usine de traitement d'uranium de la compagnie JCO

2,4 kg d'uranium enrichi avec de l'acide nitrique et pompe automatique

Usage d'un seau d'acier inoxidable pour verser 16 kg d'uranium

Atteinte de la masse critique avec réaction en chaîne non contrôlée (20 heures) → Cerenkov

Hisashi Ouchi (35 ans), Masato Shinohara et superviseur

DOSES REÇUES

Tchernobyl	Dose estimée	Tokaimura	Dose estimée
Vasily Ignatenko, pompier	☠ ~12–14 Gy	Hisashi Ouchi	☠ ~16–25 GyEq[1]
Premiers intervenants avec ARS (n=134)	☠ 0,8–16 Gy	Masato Shinohara	☠ ~6–9 GyEq
Liquidateurs	~120 mSv moyenne	Yutaka Yokokawa	~2–3 GyEq
Pilotes d'hélicoptère, fin avril-début mai	~260 mSv moyenne		
Pilotes d'hélicoptère, après début mai	~140 mSv moyenne		

[1] Dose moyenne corps entier estimée; exposition neutron + γ, avec forte hétérogénéité anatomique. GyEq ≠ Sv.

POMPIERS : BRÛLURES RADIQUES/SYNDROME CUTANÉ

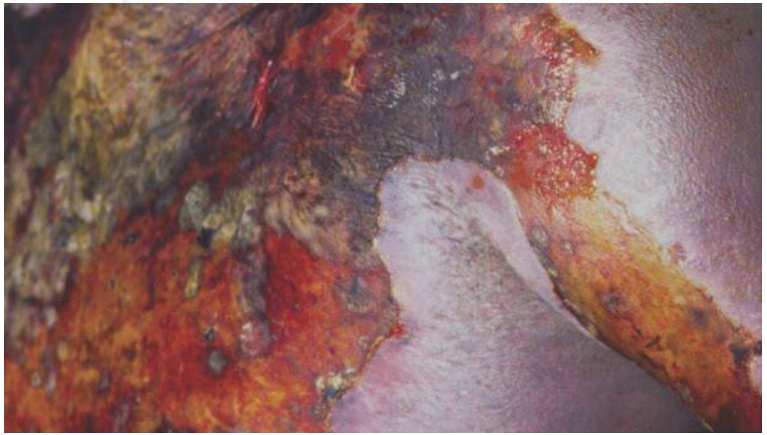
- Plus de 4 Gy à la peau en <24 heures (*fluoroscopie complexe*), évolution lente sur plusieurs jours
- Phase prodromale : érythème, prurit, desquamation
- Latence : équilibre
- Phase symptômatique (2-4 semaines) : alopécie, desquamation humide, ulcération, 20 Gy+ risque nécrose cutanée significatif (et tout ce qui vient en dessous)
- 1/3 des patients de Tchernobyl : herpès à l'hôpital





〈右手〉東大病院転院時には、赤く腫れているだけだった。
撮影：1999年10月7日（被曝8日目）





J8 vs J25

PRODROME

- **Dosimétrie rapide** : si vomissement dans les 4h, 75% des personnes ont reçu > 2,5 Gy corps entier *risque vital modéré à élevé*
- Prodrome sévère = pire pronostic
- Symptômes gastro-intestinaux et neuromusculaires
- Dose supra-léthale : diarrhée, fièvre et hypotension immédiate





✅ Vomissements

PHASE DE LATENCE

Fausse réassurance

Réponse anti-inflammatoire transitoire du corps

Ne peut durer car suppression médullaire se développe

Inversement proportionnelle à la dose reçue



❌ SYNDROME CÉRÉBROVASCULAIRE
❌ SYNDROME GASTROINTESTINAL

SYNDROME HÉMATOPOÏÉTIQUE

- Dose 2 à 8 Gy corps entier (<2 Gy → pas mortel)
- Cellules mitotiquement actives stérilisées par la radiation → baisse des réserves des globules rouges, globules blancs et plaquettes
- Après quelques semaines, quand cellules sanguines circulantes matures commencent à disparaître
- Hôpital de Moscou : 4 bulles d'isolement («life islands»), plusieurs greffes de moelle (Kibenok et Pravik)





染色体の顕微鏡写真（腸骨の骨髄細胞）。ばらばらに破壊され、同定できない。
採取日：1999年10月3日（被曝4日目）

Images de chromosomes fragmentés et non identifiables
BMO crête iliaque (J4)

SYNDROME D'ATTEINTE MULTIORGANE- FUITE CAPILLAIRE

- Premier cas dû à la radiation : Hisashi Ouchi
- Cause réelle du décès de la plupart des premiers répondants de Tchernobyl
- Réponse inflammatoire systémique hors de contrôle (médiateurs biochimiques) → atteinte multiorganique (2+)
- Décès entre 5 et 18 jours, 6-30 Gy corps entier
- Signes : Oedème précoce, hypotension terminale, nitrogénémie (insuffisance rénale)

IODE FROID ET PROTECTION THYROÏDIENNE

- Iode-131 : produit de fission de l'uranium
- Biélorussie, Russie, Ukraine
- Dose thyroïdienne variable (ad plusieurs dizaines de Gy) → âge, contamination sol et consommation lait par enfants (vaches ayant brouté pâturage contaminé)
- Résidents de Pripyat : comprimés d'iode froid



Table 223-2 Common Drugs[a] for Treatment of Internal Contamination

Medication	Administered for Radionuclides	Route of Administration	Dosage	Duration	Mechanism of Action
KI	^{131}I	PO	130 mg/d for adults >40 with thyroid exposure >500 cGy; 130 mg/d for adults 18–40 with thyroid exposure >10 cGy; 130 mg/d for pregnant or lactating women with thyroid exposure >5 cGy; 65 mg/d for children and adolescents 3–18 with thyroid exposure >5 cGy; 32.5 mg/d for infants 1 mo to 3 y with thyroid exposure >5 cGy; 16 mg/d for neonates from birth to 1 mo with thyroid exposure >5 cGy	7–14 d	Blocking agent

CONCLUSION

Beaucoup de matière à couvrir en 10 minutes

Désolée pour vos estomacs

Manifestations visibles de rayonnements invisibles!

Portez vos dosimètres la gang pour monitorer votre exposition

Protection = temps, distance, blindage, quantité, résident

MERCI POUR VOTRE ÉCOUTE!





BIBLIOGRAPHIE

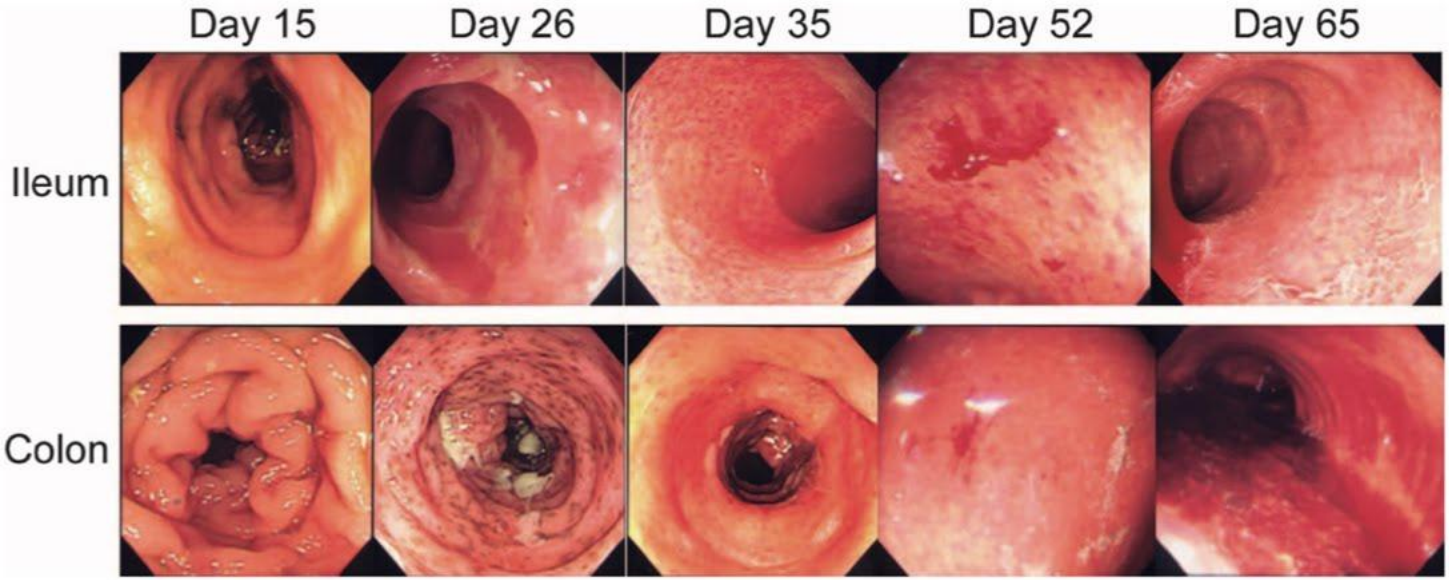
- International Atomic Energy Agency. Chernobyl's legacy: health, environmental and socio-economic impacts and recommendations to the governments of Belarus, the Russian Federation and Ukraine. Vienna: International Atomic Energy Agency; 2006. Available from: https://www.iaea.org/sites/default/files/chernobyl.pdf
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). UNSCEAR 2008 report to the General Assembly, with scientific annexes. Volume II, Annex D: Health effects due to radiation from the Chernobyl accident. New York: United Nations; 2011.
- United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR). UNSCEAR 2000 report to the General Assembly, with scientific annexes. Volume II, Annex J: Exposures and effects of the Chernobyl accident. New York: United Nations; 2000.
- International Atomic Energy Agency. The radiological accident in the criticality excursion at the Tokaimura fuel conversion plant. Vienna: International Atomic Energy Agency; 1999.
- Akashi M, Maekawa K. Medical management of heavily exposed victims: an experience at the Tokaimura criticality accident. J Radiol Prot. 2021;41(4):S391-S405. doi:10.1088/1361-6498/ac270d.
- McCurry J. Japan plans tests on nuclear-accident victim. Lancet. 2000;355(9198):127.
- Lamar J. Japan's worst nuclear accident leaves two fighting for life. BMJ. 1999;319(7215):937. doi:10.1136/bmj.319.7215.937a.
- World Nuclear Association. Chernobyl accident [Internet]. London: World Nuclear Association. Available from: https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/chernobyl-accident
- Hick JL, Bader JL, Coleman CN, Ansari AJ, Chang A, Salame-Alfie A, et al. Proposed "Exposure And Symptom Triage" (EAST) tool to assess radiation exposure after a nuclear detonation. Disaster Med Public Health Prep. 2018;12(3):386-395. doi:10.1017/dmp.2017.86.
- Paquet N, Emond D. Cours: accidents nucléaires, fiction ou réalité? Sherbrooke: Université de Sherbrooke; 2018.
- Canadian Nuclear Safety Commission. Linear non-threshold model [Internet]. Ottawa: Canadian Nuclear Safety Commission; 2026. Available from: https://www.cnsc-ccsn.gc.ca/eng/resources/health/linear-non-threshold-model/
- Chernobyl Gallery. Radiation levels [Internet]. Available from: http://www.chernobylgallery.com/chernobyl-disaster/radiation-levels/
- Answering the Mysteries. The Tokaimura nuclear accident and the WHO [Internet]. Available from: https://archive.ph/2019.08.19-150311/https://answeringthemysteries.blogspot.com/2019/04/the-tokaimura-nuclear-accident-and-who.html

SYNDROME CÉRÉBROVASCULAIRE

- > 20-30 Gy corps entier : Décès en quelques jours
- No/Vo sévères en quelques minutes, fièvre, hypotension, ataxie, désorientation, détresse respiratoire, diarrhées, convulsions, coma, etc.
- Œdème cérébral + hypertension intracrânienne + effets vasculaires systémiques
- Pas la cause de décès pour Tchernobyl

SYNDROME GASTROINTESTINAL

- Dose corps entier : > 6-8 Gy
- Décès en 7 à 10 jours si > 8 Gy
- Nausées, vomissements, diarrhées prolongées ou sanglantes, perte d'appétit, léthargie
- Diarrhées plusieurs jours ou sanglantes : > 10 Gy, fatal



~16–25 GyEq





Table 3. Signs and Symptoms of Acute Radiation Sickness in the Three Phases after Exposure.*

Prodrome, According to Exposure Level	Latency†	Illness‡
Mild (1 to 2 Gy) Vomiting; onset, 2 hr	Duration, 21–35 days; lymphocyte count, 800–1500/mm³	Fatigue, weakness; mortality, 0%
Moderate (2 to 4 Gy) Vomiting, mild headache; onset, 1–2 hr	Duration, 18–35 days; lymphocyte count, 500–800/mm³	Fever, infections, bleeding, weakness, epilation; mortality, ≤50%
Severe (4 to 6 Gy) Vomiting, mild diarrhea, moderate headache, fever; onset, <1 hr	Duration, 8–18 days; lymphocyte count, 300 to 500/mm³	High fever, infections, bleeding, epilation; mortality, 20–70%
Very severe (6 to 8 Gy) Vomiting, severe diarrhea, severe headache, high fever, altered consciousness; onset, <30 min	Duration, ≤7 days; lymphocyte count, 100 to 300/mm³	High fever, diarrhea, vomiting, dizziness, disorientation, hypotension; mortality, 50–100%
Lethal (>8 Gy) Vomiting, severe diarrhea, severe headache, high fever, unconsciousness; onset, <10 min	No latency; lymphocyte count, 0 to 100/mm³	High fever, diarrhea, unconsciousness; mortality, 100%

* Data are adapted from the International Atomic Energy Agency.[20]
† Lymphocyte counts in the latency phase represent the range of values that may be seen 3 to 6 days after radiation exposure.
‡ Mortality estimates are for patients who do not receive medical intervention.

Table 2. **Grading System for Response of Neurovascular, Gastrointestinal, and Cutaneous Systems***

Symptom	Degree 1	Degree 2	Degree 3	Degree 4
Neurovascular system				
Nausea	Mild	Moderate	Intense	Excruciating
Vomiting	Occasional (once per day)	Intermittent (2–5 times per day)	Persistent (6–10 times per day)	Refractory (>10 times per day)
Anorexia	Able to eat	Intake decreased	Intake minimal	Parenteral nutrition
Fatigue syndrome	Able to work	Impaired work ability	Needs assistance for ADLs	Cannot perform ADLs
Temperature, °C	<38	38–40	>40 for <24 h	>40 for >24 h
Headache	Minimal	Moderate	Intense	Excruciating
Hypotension	Heart rate >100 beats/min; blood pressure >100/170 mm Hg	Blood pressure <100/70 mm Hg	Blood pressure <90/60 mm Hg; transient	Blood pressure <80/? mm Hg; persistent
Neurologic deficits†	Barely detectable	Easily detectable	Prominent	Life-threatening, loss of consciousness
Cognitive deficits†	Minor loss	Moderate loss	Major impairment	Complete impairment
Gastrointestinal system				
Diarrhea				
Frequency, stools/d	2–3	4–6	7–9	≥10
Consistency	Bulky	Loose	Loose	Watery
Bleeding	Occult	Intermittent	Persistent	Persistent with large amount
Abdominal cramps or pain	Minimal	Moderate	Intense	Excruciating
Cutaneous system				
Erythema§	Minimal, transient	Moderate (<10% body surface area)	Marked (10%–40% body surface area)	Severe (>40% body surface area)
Sensation or itching	Pruritus	Slight and intermittent pain	Moderate and persistent pain	Severe and persistent pain
Swelling or edema	Present, asymptomatic	Symptomatic, tension	Secondary dysfunction	Total dysfunction
Blistering	Rare, sterile fluid	Rare, hemorrhage	Bullae, sterile fluid	Bullae, hemorrhage
Desquamation	Absent	Patchy dry	Patchy moist	Confluent moist
Ulcer or necrosis	Epidermal only	Dermal	Subcutaneous	Muscle or bone involvement
Hair loss	Thinning, not striking	Patchy, visible	Complete, reversible	Complete, irreversible
Onycholysis	Absent	Partial	Partial	Complete

* Modified from Fliedner TM, Friesecke I, Beyrer K (39). ADL = activity of daily living.
† Reflex status (including corneal reflexes), papilledema, seizures, ataxia, and other motor signs or sensory signs.
‡ Impaired memory, reasoning, or judgment.
§ The extent of involvement is decisive and should be documented for all skin changes.

Table 2. Effective Doses of Radiation, According to Source of Exposure.

Exposure	Effective Dose *mSv*	Estimated Duration of Equivalent Radiation Dose from Natural Background
Medical or nonmedical exposure		
One-way flight from New York to Tokyo[9]	0.07	7 days
Chest radiograph (posteroanterior and lateral)[10]	0.1	10 days
Average annual occupational exposure of crew on commercial airline[11]	2	6 mo
Computed tomography of the chest[10]	7	2 yr
Thallium cardiac stress test[12]	36	12 yr
Annual dose allowed for a U.S. radiation worker during occupational exposure[13]	50	17 yr
Risk of health effects that is either too small to be observed or nonexistent[14]	<100	<34 yr
Three Mile Island exposure[2]		
Average dose to residents within 10 miles of the plant	0.01	1 day
Maximum dose to a person at the plant boundary	1	3 mo
Chernobyl exposure[15]		
Residents in low-contamination areas from 1986 to 2005*	10–20	3–6 yr
Evacuated residents in 1986	>33	>11 yr
Residents in high-contamination areas from 1986 to 2005*	>50	>17 yr
Reactor-site clean-up workers in 1986 and 1987	>100	>34 yr

* This dose is in addition to the dose from natural background radiation.